

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-278138

(43)Date of publication of application : 22.10.1996

(51)Int.Cl.

G01C 17/38

(21)Application number : 07-107124

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 07.04.1995

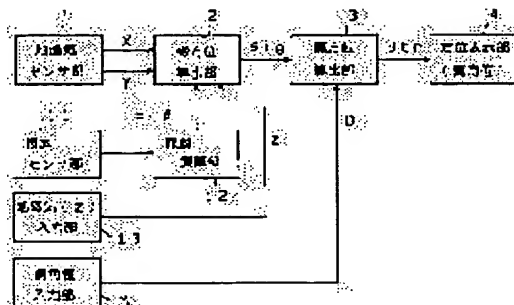
(72)Inventor : HASEGAWA KOJI
WATANABE ISAO
AZUMI SHINJI

(54) BEARING OUTPUT DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a bearing output device capable of finding a direction free from an error due to inclination, even when the device is not in a horizontal state, and further provide such a device capable of showing a true bearing.

CONSTITUTION: A bearing θ_{mg} corrected for a measurement error due to a non-horizontal state is calculated by use of two types of earth magnetism information X and Y from a earth magnetism sensor 1, inclination amounts α and β detected with inclination sensors 11 and 12, and vertical direction earth magnetism information (z) obtainable from an earth magnetism vertical component output means 13. Also, a true bearing θ_{tr} is calculated and indicated, using a deflection angle value D obtainable from a deflection angle value output means 5.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 02.07.1996

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3008813

[Date of registration] 03.12.1999

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

特許第3008813号

(P3008813)

(45) 発行日 平成12年2月14日 (2000. 2. 14)

(24) 登録日 平成11年12月3日 (1999. 12. 3)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

G 0 1 C 17/38

G 0 1 C 17/38

C

請求項の数 8 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願平7-107124

(22) 出願日 平成7年4月7日 (1995. 4. 7)

(65) 公開番号 特開平8-278138

(43) 公開日 平成8年10月22日 (1996. 10. 22)

審査請求日 平成8年7月2日 (1996. 7. 2)

(73) 特許権者 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 長谷川 浩二

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソ

ニー株式会社内

(72) 発明者 渡邊 勲

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソ

ニー株式会社内

(72) 発明者 安住 伸児

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソ

ニー株式会社内

(74) 代理人 100086841

弁理士 脇 篤夫 (外1名)

審査官 仲村 靖

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 方位出力装置

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 水平の2次元方向での地磁気情報を出力する地磁気センサ手段と、

水平からの傾斜量を検出する傾斜センサ手段と、

入力された情報に基づいて、鉛直方向の地磁気情報を出力する地磁気鉛直成分出力手段と、

前記地磁気センサ手段からの地磁気情報と、前記傾斜センサ手段で検出された傾斜量と、前記地磁気鉛直成分出力手段からの鉛直方向の地磁気情報とを用いて、方位を算出する方位算出手段と、

前記方位算出手段によって算出された方位を提示する提示手段と、

を有して構成されることを特徴とする方位出力装置。

【請求項2】 前記地磁気鉛直成分出力手段は、入力部の操作によって入力された地磁気鉛直成分値を出力する

2

ように構成されていることを特徴とする請求項1に記載の方位出力装置。

【請求項3】 前記地磁気鉛直成分出力手段は、各種位置に対応する鉛直方向の地磁気情報を記憶した記憶部を有し、入力された現在位置情報に応じて前記記憶部から該当する鉛直方向の地磁気情報を選択し、前記方位算出手段に対して出力するように構成されていることを特徴とする請求項1に記載の方位出力装置。

【請求項4】 前記地磁気鉛直成分出力手段は、各種位置に対応する鉛直方向の地磁気情報を算出する鉛直地磁気算出部を有し、入力された現在位置情報に応じて前記鉛直地磁気算出部で鉛直方向の地磁気情報を算出し、前記方位算出手段に対して出力するように構成されていることを特徴とする請求項1に記載の方位出力装置。

【請求項5】 水平の2次元方向での地磁気情報を出力

10

するとともに、地磁気検出方向を変動させることにより、前記2次元方向に垂直な第3次元方向の地磁気情報を出力することができる地磁気センサ手段と、
 水平からの傾斜量を検出する傾斜センサ手段と、
 前記地磁気センサ手段からの前記2次元方向の地磁気情報と、前記傾斜センサ手段で検出された傾斜量と、前記地磁気センサ手段からの前記第3次元方向の地磁気情報とを用いて、方位を算出する方位算出手段と、
 前記方位算出手段によって算出された方位を提示する提示手段と、
 を有して構成されることを特徴とする方位出力装置。

【請求項6】 水平の2次元方向での地磁気情報を出力する地磁気センサ手段と、
 水平からの傾斜量を検出する傾斜センサ手段と、
 入力された情報に基づいて、鉛直方向の地磁気情報を出力する地磁気鉛直成分出力手段と、
 前記入力された情報に基づいて、偏角値を出力する偏角値出力手段と、
 前記地磁気センサ手段からの地磁気情報と、前記傾斜センサ手段で検出された傾斜量と、前記地磁気鉛直成分出力手段からの鉛直方向の地磁気情報と、前記偏角値出力手段からの偏角値を用いて、真方位を算出する真方位算出手段と、
 前記真方位算出手段によって算出された真方位を提示する提示手段と、
 を有して構成されることを特徴とする方位出力装置。

【請求項7】 前記偏角値出力手段は、各種位置に対応する偏角値を記憶した記憶部を有し、入力された現在位置情報に応じて前記記憶部から該当する偏角値を選択し、前記真方位算出手段に対して出力するように構成されていることを特徴とする請求項6に記載の方位出力装置。

【請求項8】 前記偏角値出力手段は、各種位置に対応する偏角値を算出する偏角値算出部を有し、入力された現在位置情報に応じて前記偏角値算出部で偏角値を算出し、前記真方位算出手段に対して出力するように構成されていることを特徴とする請求項6に記載の方位出力装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、一般に電子コンパスと呼ばれる方位出力装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】船舶などの移動体の運航や、登山などの分野においては磁気コンパスや電子コンパスが用いられており、コンパス機器の態様としても、操縦席のコンソールに取り付けられるものや、或は登山などで便利な携帯用のものまで各種知られている。これらのコンパスは、例えばまわりの地形の示す方位を地図上の地形に一致させることで、測定者の位置を測位したり、今後の進

行方向の決定などに用いられる。

【0003】電子コンパスとしての構成は図15に示される。電子コンパスは地磁気センサ部31を有し、内蔵されている地磁気センサによって地磁気を検出するようになされている。そして検出された地磁気は方位算出部に供給され、地磁気情報から所定の演算処理で現在の方が算出される。そして算出された方位は、方位表示部33においてメータ形態や数値などで表示されるように構成されている。

10 【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、このような電子コンパスでも、またいわゆる磁針によって方位を示す磁気コンパスでも、地磁気を検出して方位を得るわけであるが、実際には地図上で示される真方位である北と、コンパスが示す磁方位としての北は異なっている。このため、地図とコンパスを用いて現在位置や進行方向の方位を確認する場合には、測定者はコンパスによって示される磁方位に補正を加えて真方位を認識しなければならなかった。磁方位と真方位の差は偏角とよばれるが、つまり補正とは測定された磁方位に対して偏角分を補正した方位を得る作業となる。

20

【0005】ところが、この作業は通常の状態でも十分な知識や経験を必要とし、ましてや荒天時や緊急時などに迅速かつ正確に真方位を知ることがきわめて困難なものとなっている。

【0006】また、真方位と磁方位の差である偏角の値は地球上の場所（緯度／経度）によって異なっており、またわずかつづではあるが常に変動しているものである。例えば1990年における測定では、偏角の値は図14のような分布状態となっている。なお、図14は地球上における等偏角曲線を10°毎に示しているものである。

30

【0007】このように偏角値は地球上で複雑に分布しているため、例えば日本国内のみなど一部地域内で使用する場合はさほど問題ではないが、船舶などでワールドワイドに使用するコンパスでは、測定時に上述の補正作業を行なおうとしても、偏角値自体を知ることが難しく、補正作業はより困難となる。例えば緯度／経度に応じた偏角値を記録した表などを常時用意しておかなければならない。

40

【0008】さらにこのような偏角による事情とともにコンパスを用いる場合の問題として、測定時にコンパスが水平面より傾いた状態であると、測定結果に誤差が生ずることが知られている。このため、船舶、航空機、自動車などに搭載するコンパスでは、そのコンパスを機械的に水平状態に保つ機構が必ず必要となる。例えば2軸の回動機構などで、常にコンパスが水平状態に保たれるようにすることになる。

50

【0009】しかしながらこのような水平保持機構は複雑な構造にならざるを得ず、コンパスの装置としてのサ

イズの大型化を招き、また水平保持の精度や信頼性も十分といえるものも容易に実現することができないという問題が生じた。さらにまた、登山などで用いられる携帯型のコンパスでは、このような水平保持機構を用いることができないため、測定者がコンパスを水平状態にして計測する必要が生じ、従ってかなりの熟練者でもない限りは、精度よく方位を測定することは困難となっていた。

【0010】また、2次元的に地磁気を測定するとともに、測定時の傾斜状態を検出し、これによって地磁気から測定された方位を補正することも可能ではあるが、この場合補正作業のための計算には地磁気の鉛直下向きの成分が必要となる。ところが地磁気の鉛直成分の値は地球上で複雑に分布しており、つまり偏角値の補正作業の場合と同様に、例えば緯度/経度に応じた鉛直成分を記録した表などを常時用意しておかなければならず、また補正作業としての計算も複雑なものとなるため、莫大な労力を要することになってしまう。もちろんこれも実際にはかなりの熟練者でなければ実行は難しいものとなり、またこれらの事情から緊急時などに正確な方位測定ができないという状況になっていた。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明はこれらの問題点に鑑みて、水平状態でなくても傾斜による誤差のない方位測定が可能となる方位出力装置を実現し、さらにまた、真方位を提示できる方位出力装置を実現することを目的とする。

【0012】このため方位出力装置を、水平の2次元方向での地磁気情報を出力する地磁気センサ手段と、水平からの傾斜量を検出する傾斜センサ手段を設ける。また、入力された情報に基づいて、鉛直方向（＝地球に対し静止した、単純かつ理想的な、摩擦のない振り子が示す方向）の地磁気情報を出力する地磁気鉛直成分出力手段とを設ける。そして地磁気センサ手段からの地磁気情報と、傾斜センサ手段で検出された傾斜量と、地磁気鉛直成分出力手段からの鉛直方向の地磁気情報とを用いて、方位を算出する方位算出手段を設け、算出された方位を提示手段で提示するように構成する。地磁気鉛直成分出力手段は、例えば測定者の鉛直方向の地磁気情報の入力により鉛直方向の地磁気情報を方位算出手段に出力するようにしたり、または入力された緯度/経度の情報に応じて、該当する鉛直方向の地磁気情報を記憶部で検索するようにするか、もしくは入力された緯度/経度の情報に応じて鉛直方向の地磁気情報を算出する部位として実現する。または本発明の方位出力装置としては、上記の地磁気鉛直成分出力手段を設けずに、上記の地磁気センサ手段（水平の2次元方向での地磁気情報を出力する地磁気センサ手段）の検出方向を変動させることで地磁気鉛直成分に相当する第3次元方向の地磁気情報を検出するようにすることもできる。

【0013】さらに方位出力装置として、上記構成における地磁気センサ手段、傾斜センサ手段、地磁気鉛直成分出力手段に加えて、偏角値を出力する偏角値出力手段を設ける。偏角値出力手段は、地磁気鉛直成分出力手段と共通の入力情報に基づいて、偏角値を出力する。そして真方位算出手段を設け、地磁気センサ手段からの地磁気情報と、傾斜センサ手段で検出された傾斜量と、地磁気鉛直成分出力手段からの鉛直方向の地磁気情報と、偏角値出力手段からの偏角値を用いて、真方位を算出することができるようにする。そして提示手段は算出された真方位を提示するように構成する。この場合偏角値出力手段は、入力された緯度/経度の情報に応じて、該当する偏角値を記憶部で検索するようにするか、もしくは入力された緯度/経度の情報に応じて偏角値を算出する部位として実現できる。

【0014】

【作用】方位出力装置により提示される方位自体に既に傾斜状態に対する補正が施されることにより、方位出力装置が水平状態でなくても傾斜による誤差のない測定ができる。また、提示される方位に偏角分の補正が施されていることにより、測定値として真方位が提示できることになり、測定者が補正計算などを行なう必要はなくなる。

【0015】

【実施例】以下、本発明の方位出力装置となる電子コンパスの各種実施例を説明する。なお実施例としての電子コンパスの説明に先立って、各実施例で用いられる磁方位センサについて述べ、その後、第1～第8の実施例となる電子コンパスについて説明する。

【0016】[磁方位センサ] 磁方位センサの構造例及び動作を図10～図13で説明する。図10は磁方位センサの一構造例の説明図である。この磁方位センサは、それぞれが約1/4リング状に形成された4つの強磁性体コア T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 が円周方向に配置されている。そして、各強磁性体コア T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 の間には所定幅のギャップ G_1 、 G_2 、 G_3 、 G_4 が形成された状態となっている。

【0017】また各強磁性体コア T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 には励磁用コイルCが巻装されており、これによってギャップ G_1 、 G_2 、 G_3 、 G_4 には図中Hbとして示す方向にバイアス磁界が発生されるようになされている。ギャップ G_1 、 G_2 、 G_3 、 G_4 においては、バイアス磁界Hbと直角の状態にMR（磁気抵抗効果）センサ MR_{x1} 、 MR_{x2} 、 MR_{y1} 、 MR_{y2} が配される。MRセンサ MR_{x1} 、 MR_{x2} はX軸方向検出用とされ、それぞれが対向する位置となるギャップ G_1 、 G_3 に配置される。またMRセンサ MR_{y1} 、 MR_{y2} はY軸方向検出用とされ、それぞれが対向する位置となるギャップ G_2 、 G_4 に配置される。各MRセンサ MR_{x1} 、 MR_{x2} 、 MR_{y1} 、 MR_{y2} は、定電位の電源電圧 V_{cc} とグランドGNDに接

続されている。そして各MRセンサ MR_{x1} 、 MR_{x2} 、 MR_{y1} 、 MR_{y2} からはその抵抗体中点位置から信号 X_1 、 X_2 、 Y_1 、 Y_2 が取り出されるように構成されている。

【0018】この磁方位センサの等価回路が図11に示される。この等価回路において、抵抗 R_{x11} 、 R_{x12} はMRセンサ MR_{x1} としての抵抗成分に相当し、抵抗 R_{x21} 、 R_{x22} はMRセンサ MR_{x2} としての抵抗成分に相当する。また抵抗 R_{y11} 、 R_{y12} はMRセンサ MR_{y1} としての抵抗成分に相当し、抵抗 R_{y21} 、 R_{y22} はMRセンサ MR_{y2} としての抵抗成分に相当する。

【0019】まずX軸に関しては、図に示すようにMRセンサ MR_{x1} となる抵抗 R_{x11} に対して矢印方向にバイアス磁界 H_b が印加され、またMRセンサ MR_{x2} となる抵抗 R_{x21} に対しては、矢印で示すように方位として 180° 異なるバイアス磁界 $-H_b$ が印加される。同様にY軸に関しては、MRセンサ MR_{y1} となる抵抗 R_{y11} に対して矢印方向にバイアス磁界 H_b が印加され、またMRセンサ MR_{y2} となる抵抗 R_{y21} に対しては、矢印で示すように方位として 180° 異なるバイアス磁界 $-H_b$ が印加される。X軸検出用のMRセンサ MR_{x1} 、 MR_{x2} と、Y軸検出用のMRセンサ MR_{y1} 、 MR_{y2} に対するバイアス磁界 H_b （及び $-H_b$ ）の向きは、それぞれ 90° 異なるものとなっている。

【0020】X軸検出動作としては、MRセンサ MR_{x1} からの信号 X_1 とMRセンサ MR_{x2} からの信号 X_2 が差動アンプ A_x に供給され、その差動アンプ A_x の出力が、いわゆるX軸検出出力となる。またY軸検出動作としては、MRセンサ MR_{y1} からの信号 Y_1 とMRセンサ MR_{y2} からの信号 Y_2 が差動アンプ A_y に供給され、その差動アンプ A_y の出力が、いわゆるY軸検出出力となる。

【0021】このような構成において、MRセンサ MR_{x1} 、 MR_{x2} 、 MR_{y1} 、 MR_{y2} は、磁界の強度により抵抗値が変化する磁気抵抗効果を備えているため、図10のように或る方向から地磁気 H_e が印加されると、その地磁気 H_e の印加方向に応じた値として各MRセンサ MR_{x1} 、 MR_{x2} 、 MR_{y1} 、 MR_{y2} から信号 X_1 、 X_2 、 Y_1 、 Y_2 が得られ、この信号 X_1 、 X_2 、 Y_1 、 Y_2 から、地磁気の方位に応じたX軸検出出力、Y軸検出出力が得られるものである。また、地磁気は例えば0.3ガウス程度の弱いものであるため、単にMRセンサ MR_{x1} 、 MR_{x2} 、 MR_{y1} 、 MR_{y2} のみでは良好な検出動作が実行できないが、この地磁気センサでは強磁性体コア T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 で0.3ガウス程度の地磁気を検出し、交流バイアス磁界 H_b としてMRセンサ MR_{x1} 、 MR_{x2} 、 MR_{y1} 、 MR_{y2} に伝えるようにしているため、良好な検出動作が可能となっている。

【0022】図12でMRセンサ MR_{x1} 、 MR_{x2} 、 MR_{y1} 、 MR_{y2} の特性及びX軸検出出力、Y軸検出出力を得

るための動作原理を説明する。図12の横軸はMRセンサに垂直に加わる磁界の強さを示し、また縦軸はMRセンサの抵抗値の変化、及びMRセンサに直流電流を流した場合の出力される信号（ X_1 、 X_2 、 Y_1 、 Y_2 ）の出力電圧を示している。

【0023】MRセンサの抵抗値は、図示するように磁界ゼロで最大となり、磁界が大きくなるに従って図示するカーブで抵抗値が下がっていく。このようなMRセンサにおける出力のS/N及び歪率向上のためにはバイアス磁界 H_b が必要になる。このバイアス磁界 H_b は、上述したように強磁性体コア T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 に励磁用コイルCを巻装し、これにバイアス電流を流すことで与えられるものである。

【0024】X軸用のMRセンサ MR_{x1} 、 MR_{x2} を例にあげてX軸検出出力動作を説明する。上記のとおりMRセンサ MR_{x1} に印加されるバイアス磁界方向とMRセンサ MR_{x2} に印加されるバイアス磁界方向とは互いに 180° 反転している。ここで、地磁気 H_e が印加されると、MRセンサ MR_{x1} 、 MR_{x2} に加わる磁界の強さは次のようになる。

$$\text{MRセンサ}MR_{x1} : H_b + H_e$$

$$\text{MRセンサ}MR_{x2} : -H_b + H_e$$

【0025】従って交流バイアス磁界 H_b を印加すると、MRセンサ MR_{x1} に印加される磁界は図12の①で示すように変化し、これによってMRセンサ MR_{x1} からの信号 X_1 としては図中③として示すような電圧変化が出力される。またMRセンサ MR_{x2} に印加される磁界は図12の②で示すように変化し、これによってMRセンサ MR_{x2} からの信号 X_2 としては図中④として示すような電圧変化が出力される。この信号 X_1 （線③）と信号 X_2 （線④）の出力差 L は、即ち図11における差動アンプ A_x の出力として得られ、これがX軸検出出力となるものである。Y軸についても同様の動作でY軸検出出力が取り出される。

【0026】これらの差動信号としてのX軸検出出力、Y軸検出出力は、地磁気 H_e の方位により変化し、それぞれ $H_e \sin \theta$ 、 $H_e \cos \theta$ に比例する。従って、横軸に方位 θ をとって出力電位をプロットすると、X出力及びY出力は図13のようになり、このX出力及びY出力から地磁気 H_e に対する方位 θ を算出できる。

【0027】即ち、X出力とY出力の比 X/Y は、これらが $H_e \sin \theta$ 、 $H_e \cos \theta$ に比例することから、 $\sin \theta / \cos \theta$ で表わすことができ、従って、 $X/Y = \sin \theta / \cos \theta = \tan \theta$ とできる。このため方位 θ は $\theta = \tan^{-1}(X/Y)$

（ただし、 $0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$ のとき $X \geq 0$ 、 $18^\circ < \theta < 360^\circ$ のとき $X < 0$ である）として、地磁気 H_e の方位 θ を算出できる。

【0028】【第1の実施例】例えば以上のような地磁

気センサを用いた電子コンパスとなる、本発明の第1の実施例を図1で説明する。この電子コンパスは、地磁気センサ部1、磁方位算出部2、方位表示部4、傾斜センサ部11、傾斜演算部12、地磁気入力部13から構成される。

【0029】地磁気センサ部1は、上記した2次元の観測座標(X軸、Y軸)についての地磁気検出を行なう地磁気センサとされるもので、地磁気 H_e に応じたX出力、Y出力を行なう。このX出力、Y出力は磁方位算出部2に供給され、地磁気 H_e の方位 θ が算出される。即ち基本的には、上記の $\theta = \tan^{-1}(X/Y)$ の演算がなされることによって磁方位 $\theta \text{ mg}$ が算出され、方位表示部4に供給されて方位が表示されることになる。

【0030】ただし、磁方位算出部2には傾斜演算部12で算出された傾斜量と、地磁気入力部から出力される地磁気鉛直成分 z が入力され、これによって算出された磁方位に対する補正演算が行なわれるものとなっている。つまり、磁方位算出部2から出力される磁方位 $\theta \text{ mg}$ は、たとえ水平状態で測定されなかった場合でも、それによる誤差は生じていない磁方位 $\theta \text{ mg}$ となっているものである。

【0031】傾斜センサ部11は、例えば導電性の液体を封入した容器内に複数の電極を設け、傾きに応じて液体が接する電極が変化するようにし、傾斜量に応じた電圧が得られるような構成などで実現できる。また例えば円筒形状の容器内を球体が重力方向に移動するようにし、球体が接する電極位置により傾き量に応じた信号が得られるようにしてもよい。もちろんこれ以外にも各種の検出機構が考えられる。

【0032】この傾斜センサ部11からの検出信号は傾斜演算部12に供給される。そして、傾斜演算部12は検出信号から、現在の傾斜量を算出することになる。出力する傾斜量としては、地磁気センサ部1の観測座標系のX軸と水平面との間に生じている傾斜角度 α と、観測座標系のY軸と水平面との間に生じている傾斜角度 β としている。

【0033】また地磁気鉛直成分 z は、地磁気入力部13から磁方位算出部2に供給される。地磁気入力部13は例えば数値を入力することができる操作入力キーを備えており、ユーザーが地磁気鉛直成分 z を入力できるよ

$$\begin{bmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \beta & 0 & \sin \beta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \beta & 0 & \cos \beta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & -\sin \alpha \\ 0 & \sin \alpha & \cos \alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$$

が成立する。

【0038】ここで X' 、 Y' 平面は、水平面すなわち絶対座標系の xy 平面に一致しているため、 Z' は絶対座標系での地磁気ベクトルの z 成分と一致するとすると、

【数4】

$$Z' = z$$

*うにされている。つまり、ユーザーは使用時に、その使用地域における地磁気鉛直成分 z を入力することになる。

【0034】磁方位算出部2はこのように、地磁気センサ部1からの信号 X 、 Y とともに、傾斜演算部からの傾斜角度 α 、 β 、及び地磁気入力部13からの地磁気鉛直成分 z を用いて、測定が非水平状態で行なわれたとしても、それによる誤差のない磁方位 $\theta \text{ mg}$ を算出することになる。この磁方位 $\theta \text{ mg}$ の算出動作は次のように行なわれる。

【0035】水平から傾いた状態での方位の補正原理は、観測座標系のX軸/Y軸を、それぞれの軸と水平面のなす角度 α 、 β を用いて水平面に座標変換することによる。この座標変換された状態のX軸を X' 軸とすると、この X' 軸と地磁気ベクトルとの成す角度が、傾きを補正した方位を示すことになる。測定座標系の XY 平面を水平面に座標変換する手順は次のとおりである。

【0036】まず、地磁気ベクトルを地球に固定された絶対座標系が (x, y, z) 、地磁気センサ部1による観測座標系が (X, Y, Z) であるとする。X軸の回りに α 回転させる座標変換によって、Y軸を水平面(xy 平面)にうつすと、観測座標系で測定された測定ベクトル (X, Y, Z) は、 (X'', Y'', Z'') となり、これは次の(数1)で表わされる。

【数1】

$$\begin{bmatrix} X'' \\ Y'' \\ Z'' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(-\alpha) & \sin(-\alpha) \\ 0 & -\sin(-\alpha) & \cos(-\alpha) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$$

【0037】次にY軸の回りに β 回転させ、X軸を水平面に移すと、座標系 (X'', Y'', Z'') は座標系 (X', Y', Z') となり、これは次の(数2)で表わされる。

【数2】

$$\begin{bmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(-\beta) & 0 & -\sin(-\beta) \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin(-\beta) & 0 & \cos(-\beta) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X'' \\ Y'' \\ Z'' \end{bmatrix}$$

従って上記(数1)(数2)を用いると、

【数3】

$$\begin{bmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \beta & 0 & \sin \beta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \beta & 0 & \cos \beta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & -\sin \alpha \\ 0 & \sin \alpha & \cos \alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$$

となる。従ってあらかじめ地磁気の z 成分がわかっているれば、 Z' の値が既知となり、上記(数3)から観測座標系での Z の値が、 X 、 Y の値から計算できることになる。

【0039】すなわち、 Z' については、

【数5】

11

$$Z' = -X \sin \beta + Y \cos \beta \sin \alpha + Z \cos \beta \cos \alpha$$

となり、この(数5)をZについて解き、(数4)を代入すると、Zの値は、

【数6】

$$Z = \frac{1}{\cos \beta \cos \alpha} (z + X \sin \beta - Y \cos \beta \sin \alpha)$$

で求めることができる。これで、Zの値を上記(数3)に代入すれば、XY軸が水平面に座標変換された測定ベクトル X' 、 Y' が計算できることになる。なお(数3)におけるX、Yの値は、即ち磁気センサ部1から出力される信号X、信号Yの値である。

【0040】ここで最終的に、絶対座標系の水平面内での地磁気ベクトル成分と、測定されたXの値(信号X)を水平面に座標変換した X' の成す角、即ち磁方位 θ_{mg} は、 X' 、 Y' の値より次の(数7)で求められる。

【数7】

$$\theta_{mg} = \arctan \left(\frac{Y'}{X'} \right)$$

(ただし、 $0^\circ \leq \theta_{mg} \leq 90^\circ$ の場合。それ以外は条件分けが必要)

【0041】以上の演算において、角度 α 、 β は傾斜演算部12から供給され、また地磁気のZ成分の値は、地磁気入力部13から供給されるものであるため、磁方位算出部2において上記演算処理が可能となり、従って傾斜状態による誤差を補正した磁方位 θ_{mg} が算出できることが理解される。

【0042】このように本実施例では、磁方位算出部2によって傾斜状態による誤差を補正した磁方位 θ_{mg} が得られ、これが方位表示部4で表示されるため、この電子コンパスを用いて測定する場合には水平状態とする必要はなくなり、つまり測定者が測定時の水平状態に気がついたり、もしくは測定後に非水平状態の計測値からの補正計算を行なう必要はなくなり、容易に方位計測を行なうことができることになる。

【0043】なお、この実施例では地磁気鉛直成分Zをユーザーが入力するようにしているが、これは例えば測定毎に入力するものとするほか、地磁気入力部13にメモリを配置しておき、ユーザーが1度地磁気鉛直成分Zを入力したら、それを記憶して、以降はその記憶された地磁気鉛直成分Zを磁方位算出部2に供給するようにしてもよい。特に特定地域で使用する場合は、殆ど地磁気鉛直成分Zの差はないため、このようにすることで実際の使用時におけるユーザーの入力の手間はなくなる。また、地磁気鉛直成分Zの異なる地域で使用する場合には、そのときに応じて再入力できるようにすれば、ワールドワイドに用いることができる。

【0044】【第2の実施例】本発明の第2の実施例と

12

なる電子コンパスの構成を図2に示す。なお、以下の各実施例の説明において、説明済の実施例と同一の構成要素については同一符号を付し、重複説明を省略する。この実施例は第1の実施例の構成に加えて偏角値入力部5、真方位算出部3を備えるもので、これによって非水平状態による測定誤差の解消だけでなく、偏角による測定誤差を解消し、地図上の方位と一致する真方位を計測できるようにするものである。

【0045】偏角値入力部5は例えば数値を入力することができる操作入力キーを備えており、ユーザーが偏角値Dを入力できるようにされている。つまり、ユーザーは使用時に、その使用地域における偏角値Dを入力することになる。また、磁方位算出部2からは、上記第1の実施例で説明したように水平方向の傾斜状態に基づく補正がなされた磁方位 θ_{mg} が出力されるが、この磁方位 θ_{mg} は真方位算出部3に供給される。さらに、偏角値入力部5からの偏角値Dも真方位算出部3に供給されることになる。真方位算出部3では、供給された磁方位 θ_{mg} と偏角値Dから真方位 θ_{tr} を算出し、それを方位表示部4に供給する。

【0046】偏角とは真方位 θ_{tr} と磁方位 θ_{mg} の差であり、その関係は例えば図9のようになる。いま地図上の北を N_{tr} 、磁方位としての北を N_{mg} とし、当該電子コンパスで図中の目的方向について計測すると、磁方位算出部2で算出される磁方位 θ_{mg} として 70° という値が得られたとする。そして、その測定地域では、偏角Dは -6° であったとすると、地図に合致する方位となる真方位 θ_{tr} は 70° に対して偏角 -6° を加えた値である 64° となる。

【0047】真方位算出部3では、磁方位 θ_{mg} と偏角値Dが入力されることになるが、図9から理解されるように、磁方位 θ_{mg} と偏角値Dを加算することで真方位 θ_{tr} を得ることができる。そして真方位算出部3で算出された真方位 θ_{tr} は方位表示部4に供給され、ユーザーに提示されることになる。例えば図9の例でいえば、測定時に 64° という真方位が表示される。

【0048】このように本実施例ではユーザーはその測定地域における偏角値Dを入力しておけば、測定結果は真方位 θ_{tr} として表示されるため、従来のように表示された値から偏角値分を自分で計算して地図と照合するなどの煩雑な作業は不要となる。もちろん第1の実施例と同様に非水平状態で計測を行なっても、誤差は補正されているため、この実施例の電子コンパスにより測定すれば、測定者は水平補正作業と偏角補正作業の両方が不要になるものである。

【0049】なお、この実施例では偏角値Dをユーザーが入力するようにしているが、必ずしも測定毎に入力するように構成する必要はなく、偏角値入力部5にメモリを配置しておき、ユーザーが1度偏角値Dを入力したら、それを記憶して、以降はその記憶された偏角値Dを

真方位算出部3に供給するようにすればよい。例えば日本国内等のみなどの特定地域で使用する場合は、殆ど偏角値Dの差はないため、このようにすることで実際の使用時におけるユーザーの入力の手間はなくなる。また、偏角値Dの異なる地域で使用する場合には、そのときに応じて再入力できるようにすれば、ワールドワイドに用いることができる。

【0050】〔第3の実施例〕本発明の第3の実施例となる電子コンパスの構成を図3に示す。この実施例は第1、第2の実施例と異なり、ユーザーが地磁気鉛直成分z

【0051】この場合、ユーザーの操作部として、緯度／経度入力部6が設けられ、ユーザーは方位測定時にその地点での緯度／経度を入力することになる。入力された緯度／経度の値はメモリ制御部7に送られる。メモリ制御部7は緯度／経度の値に対応する地磁気鉛直成分zと偏角値Dを記憶部8において検索し、読み出された地磁気鉛直成分zを磁方位算出部2に供給し、また読み出された偏角値Dを真方位算出部3に供給することになる。

【0052】この場合記憶部8は、例えばROM又はRAMのメモリ素子として構成され、世界各地における緯度／経度に対応した地磁気鉛直成分zと偏角値Dを、いわゆるメモリーテーブルとして保持している。このため、緯度／経度が入力されたら、それに対応する地磁気鉛直成分z、偏角値Dを読み出すことができ、ユーザーが地磁気鉛直成分z、偏角値Dを入力する必要はなくなる。

【0053】そしてこのように地磁気鉛直成分zと偏角値Dが得られることで非水平状態での測定による誤差が補正され、さらに真方位算出部3で真方位 θ_{tr} が算出され、方位表示部4で表示されることになる。この実施例では、いわゆる偏角や地磁気鉛直成分、さらに真方位、磁方位といった知識のないユーザーでも、緯度／経度を入力することのみで正確な測定ができるようになる。

【0054】なお、この実施例の変形例として、緯度／経度を入力するのではなく、例えば地名を入力するようにすることも考えられる。つまり、記憶部8に地名に対応させて地磁気鉛直成分z、偏角値Dを記憶させておけばよい。また記憶部8は、固体メモリ素子を用いる必要はなく、例えばCD-ROMなどのメディアを用いるような形態でもよい。

【0055】〔第4の実施例〕図4に第4の実施例となる電子コンパスの構成を示す。この実施例は上記第3の実施例における緯度／経度測定部6を、測位装置部10に置き換えた構成となっている。

【0056】測位装置部10としては、例えばGPS

(グローバルポジショニングシステム)などとして知られている機器を用いて実現できる。GPSとは公知の通り、人工衛星からの信号をGPSアンテナで受信し、その受信信号から現在位置としての緯度／経度を判別するシステムである。

【0057】即ちこの実施例ではユーザーが緯度／経度を入力しなくても、測位装置部10によって自動的に現在の緯度／経度を判別し、これをメモリ制御部7に供給する。そしてメモリ制御部7は供給された緯度／経度の値に対応する地磁気鉛直成分z及び偏角値Dを記憶部8から読み出し、それぞれ磁方位算出部2と真方位算出部3に供給する。そして磁方位算出部2では非水平状態での測定による誤差が補正された磁方位 θ_{mg} が得られ、さらに真方位算出部3で真方位 θ_{tr} が算出され、方位表示部4で表示されることになる。つまりこの実施例では、ユーザーは測定時に何も入力しなくても、正確な真方位を測定できるようになる。

【0058】〔第5の実施例〕図5に第5の実施例を示す。この実施例では上記第3の実施例と同様に、ユーザーの操作部として、緯度／経度入力部6が設けられ、ユーザーは方位測定時にその地点での緯度／経度を入力することになる。そして入力された緯度／経度の値は地磁気／偏角値演算部14に送られる。地磁気／偏角値演算部14は緯度／経度の値に対応する地磁気鉛直成分zと偏角値Dを算出し、算出した地磁気鉛直成分zと偏角値Dをそれぞれ磁方位算出部2と真方位算出部3に供給することになる。

【0059】そして磁方位算出部2では非水平状態での測定による誤差が補正された磁方位 θ_{mg} が得られ、さらに真方位算出部3では偏角値Dと磁方位 θ_{mg} から真方位 θ_{tr} が算出され、その真方位 θ_{tr} が方位表示部4で表示されることになる。つまりこの実施例でも、ユーザーが緯度／経度を入力することのみで正確な真方位の測定ができるようになる。

【0060】この実施例における地磁気／偏角値演算部14は、緯度／経度から地磁気鉛直成分zと偏角値Dを求めることになるわけであるが、この算出方法は次のようになる。地球表面上で与えられた磁場は、ポテンシャルから導かれる。通常地球表面上には電流は流れていないため、磁場はスカラーポテンシャルUから導かれる。

【0061】ポテンシャルUは、ラプラスの方程式により、

【数8】

$$\nabla^2 U = 0$$

を満たすことになる。そして球座標(r, θ, λ)を用いると、地磁気ポテンシャルUは、

【数9】

$$U = R \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=0}^n \left(\frac{R}{r} \right)^{n+1} (g_n^m \cos m\lambda + h_n^m \sin m\lambda) P_n^m(\cos \theta)$$

となる。ただし(数9)中、「 $P_n^m(\mu)$ 」「 $g_n^m(t)$ 」*は、
「 $h_n^m(t)$ 」「 μ 」及び「 ε_m 」と「 m 」について* 【数10】

$$P_n^m(\mu) = \frac{1}{2^n n!} \left[\frac{\varepsilon_m (n-m)! (1-\mu^2)^{\frac{m}{2}}}{(n+m)!} \right]^{\frac{1}{2}} \frac{d^{n-m} \mu (\mu^2 - 1)^n}{d\mu^{n-m}}$$

$$g_n^m(t) = g_n^m(t_0) + g_n^{-m}(t - t_0)$$

$$h_n^m(t) = h_n^m(t_0) + h_n^{-m}(t - t_0)$$

$$\mu = \cos \theta$$

$$\varepsilon_m = 1 \quad \text{のとき} \quad m = 0$$

$$\varepsilon_m = 2 \quad \text{のとき} \quad m \geq 1$$

のようになる。なお、 r は地球中心からの距離、 R は地球の半径、 θ は余緯度(=90- Φ (緯度))、 λ は経度、 n は次数、 m は位数、 t_0 は基準年、 $g(t)$ 、 $h(t)$ はガウス係数、 $g^-(t)$ 、 $h^-(t)$ は永年変化とする。

【0062】従って、地球磁場の北向きの成分 N_H 、東向きの成分 E_H 、鉛直向きの成分 Z_H のそれぞれは、ポテンシャル U の値についてそれぞれの方向に微分すれば求められる。つまり、

【数11】

$$N_H = \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial U}{\partial \theta}$$

$$E_H = \frac{-1}{r \sin \theta} \cdot \frac{\partial U}{\partial \lambda}$$

$$Z_H = \frac{\partial U}{\partial r}$$

となる。ここで(数11)における鉛直向きの成分 Z_H とは、地磁気鉛直成分 z にはかならず、つまり地磁気鉛直成分 z はポテンシャル U の値から算出できることが理解される。

【0063】また地磁気の偏角を求めるには、地球磁場の北向きの成分 N_H 及び東向きの成分 E_H を用いればよく、即ち偏角 D は、

【数12】

$$D = \arctan \left(\frac{E_H}{N_H} \right)$$

のようにして求められる。

【0064】つまり本実施例の地磁気/偏角値演算部14は、経度/緯度が入力されたら、その経度 λ 及び余緯度 θ を用いてポテンシャル U を求め、このポテンシャル U から地磁気鉛直成分 z を求める。そしてさらに地球磁場の北向きの成分 N_H 及び東向きの成分 E_H を求めて偏角 D を算出するものである。

【0065】[第6の実施例] 第6の実施例となる電子コンパスの構成を図6に示す。この実施例は上記第5の実施例における緯度/経度測定部6を、測位装置部10に置き換えた構成となっている。測位装置部10としては、第4の実施例と同様に例えばGPSを用いて実現する。

【0066】即ちこの実施例ではユーザーが緯度/経度を入力しなくても、測位装置部10によって自動的に現在の緯度/経度を判別し、これを地磁気/偏角値演算部14に供給する。そして地磁気/偏角値演算部14は供給された緯度/経度の値から、上記第5の実施例で説明したように地磁気鉛直成分 z と偏角値 D を算出し、それぞれ磁方位算出部2と真方位算出部3に供給する。そして真方位算出部3で求められた真方位 θ_{tr} が方位表示部4で表示されることになる。つまりこの実施例でも、ユーザーは測定時に何も入力しなくても、正確な真方位を測定できるようになる。

【0067】[第7の実施例] 第7の実施例を図7に示す。この実施例では地磁気鉛直成分 z ではなく、観測座標系での地磁気 Z 軸成分 Z を検出する部位として地磁気測定部15を設けている。この地磁気測定部15は地磁気センサ部1と同様の地磁気センサで構成できる。つま

り、少なくとも地磁気センサ部1における観測座標系であるX軸、Y軸と垂直となるZ軸方向が観測対象となるように配置された1次元又は2次元の地磁気センサとすればよい。そしてこの地磁気測定部15からは観測座標系でのZ軸での地磁気の値としての信号Zが得られることになる。

【0068】従って、磁方位算出部では、地磁気センサ部1からの信号X、信号Y、傾斜演算部1.2からの角度 α 、 β 、及び地磁気測定部15から信号Zを用いて上記(数3)により X' 、 Y' 、 Z' の各値を求めることができ、(数7)の演算処理により非水平状態での測定による誤差が補正された磁方位 θ_{mg} を得ることができる。

【0069】また、偏角演算部9として、第5、第6の実施例における地磁気／偏角演算部14における偏角算出機能のみを備えた部位を有しており、この偏角演算部9は、測位装置部10から経度／緯度が入力されたら、その経度 λ 及び余緯度 θ を用いてポテンシャルUを求め、さらに地球磁場の北向きの成分 N_e 、及び東向きの成分 E_e を求めて偏角Dを算出するようにしている。そして算出された偏角Dは真方位算出部3に供給され、真方位算出部3では偏角値Dと磁方位 θ_{mg} から真方位 θ_{tr} を算出し、その真方位 θ_{tr} が方位表示部4で表示されることになる。

【0070】つまりこの実施例でも、ユーザーは測定時に特別な操作を行わなくとも、また水平状態に気をつけなくとも、正確な真方位を測定できるようになる。なお、この実施例の変形例として、偏角値Dの発生方式が各種考えられる。即ち測位装置部10及び偏角演算部9に代えて第2の実施例のように偏角値入力部5を設けたり、また第3の実施例のように緯度／経度入力部6、メモリ制御部7、及び記憶部8を設けるようにしてもよい。さらに測位装置部10に代えて緯度／経度入力部6を設ける構成も考えられる。

【0071】[第8の実施例] 第8の実施例を図8に示す。この実施例では地磁気鉛直成分 z 、又は観測座標系での地磁気Z軸成分 Z を検出する部位として、独立した部位は設けられていない。そして、地磁気Z軸成分 Z を、2次元地磁気センサとして構成されている地磁気センサ部1を利用して検出するようにしている。他の部位は第7の実施例と同様である。

【0072】この実施例では、図10に示したような2次元の地磁気センサを垂直方向に 90° 回転させることができる機構を設けるようにし、つまり、測定時に地磁気センサを回転させることで、地磁気Z軸成分 Z を検出できるようにするものである。そして検出された地磁気Z軸成分 Z は磁方位算出部2に供給されるが、磁方位算出部2はこれを記憶するようにする。

【0073】その後ユーザーは地磁気センサの回転位置状態を元に戻す操作を行なう。すると、地磁気の水平成

分としての信号X、信号Yが得られ、磁方位算出部2に供給される。この時点で磁方位算出部2は信号X、信号Yと記憶されている信号Zを用いて非水平状態での測定による誤差が補正された磁方位 θ_{mg} を得るようにしている。

【0074】そしてこの磁方位 θ_{mg} と、偏角演算部9からの偏角Dは真方位算出部3に供給され、真方位算出部3では偏角値Dと磁方位 θ_{mg} から真方位 θ_{tr} を算出し、その真方位 θ_{tr} が方位表示部4で表示されることになる。つまりこの実施例でも、ユーザーは簡単な操作で、また水平状態に気をつけなくとも、正確な真方位を測定できるようになる。

【0075】以上各種実施例を説明したが、本発明の方位出力装置の構成はこれ以外にも各種変形例が考えられ、また実際の製品としては、携帯用や、移動体搭載用など各種の形態の電子コンパスとして実現できるものである。

【0076】

【発明の効果】以上説明したように本発明の方位出力装置は、地磁気センサ手段からの地磁気情報と傾斜センサ手段からの傾斜量、及び地磁気鉛直成分出力手段からの鉛直方向の地磁気情報を用いて、非水平状態での測定による誤差が補正された方位を得るようにしたため、測定者が水平状態に気をつかったり、測定後に補正計算をする必要はなくなり、容易に測定ができるようになる。また方位出力装置として複雑な水平保持機構を設ける必要はなくなり、小型化、低コスト化が実現される。

【0077】さらに本発明では、偏角値出力手段からの偏角値を用いて真方位を算出できるようにしたため、ユーザーが偏角の補正を行なう必要はなくなり、これによって熟練した測定者でなくても、また荒天時、緊急時などのどんな状況でも、迅速かつ正確に真方位を知ることができるようになるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例の電子コンパスのブロック図である。

【図2】本発明の第2の実施例の電子コンパスのブロック図である。

【図3】本発明の第3の実施例の電子コンパスのブロック図である。

【図4】本発明の第4の実施例の電子コンパスのブロック図である。

【図5】本発明の第5の実施例の電子コンパスのブロック図である。

【図6】本発明の第6の実施例の電子コンパスのブロック図である。

【図7】本発明の第7の実施例の電子コンパスのブロック図である。

【図8】本発明の第8の実施例の電子コンパスのブロック図である。

【図9】磁方位、真方位、偏角の関係の説明図である。

【図10】実施例に搭載される地磁気センサの構造の説明図である。

【図11】実施例に搭載される地磁気センサの等価回路図である。

【図12】実施例に搭載される地磁気センサの動作の説明図である。

【図13】実施例に搭載される地磁気センサの出力の説明図である。

【図14】偏角の分布状態の説明図である。

【図15】従来の電子コンパスのブロック図である。

【符号の説明】

1 地磁気センサ部

2 磁方位算出部

* 3 真方位算出部

4 方位表示部

5 偏角値入力部

6 緯度/経度入力部

7 メモリ制御部

8 記憶部

9 偏角値演算部

10 測位装置部

11 傾斜センサ部

10 12 傾斜演算部

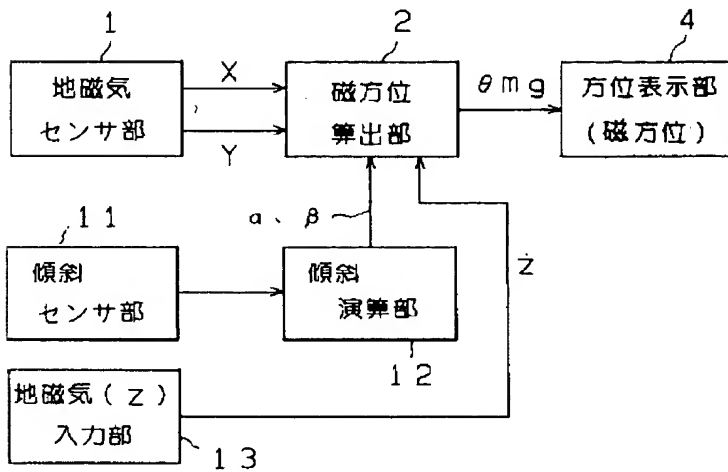
13 地磁気入力部

14 地磁気/偏角値演算部

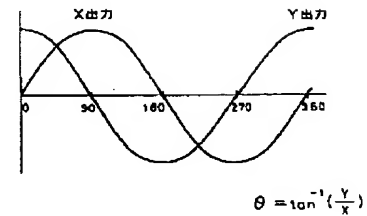
15 地磁気測定部

*

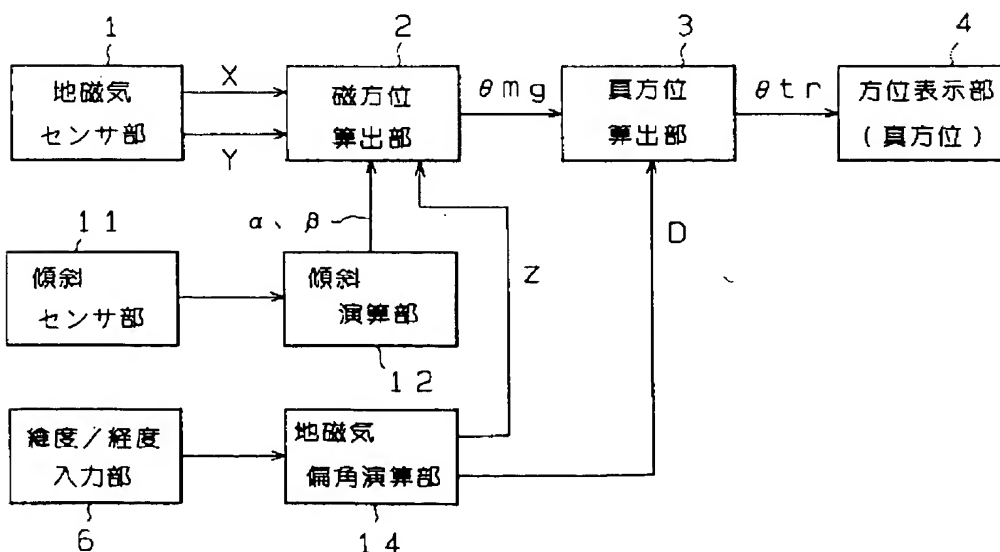
【図1】



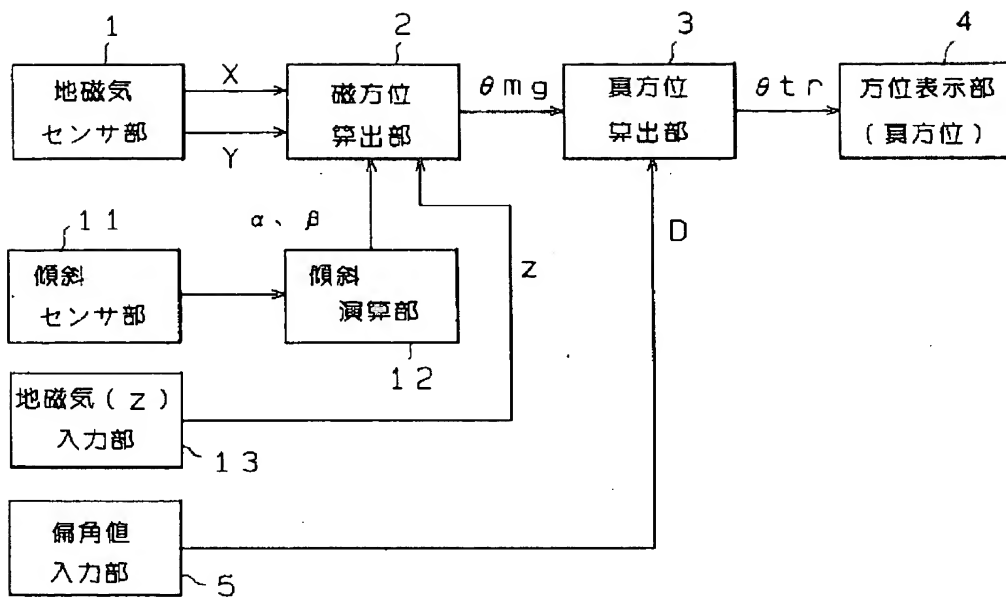
【図13】



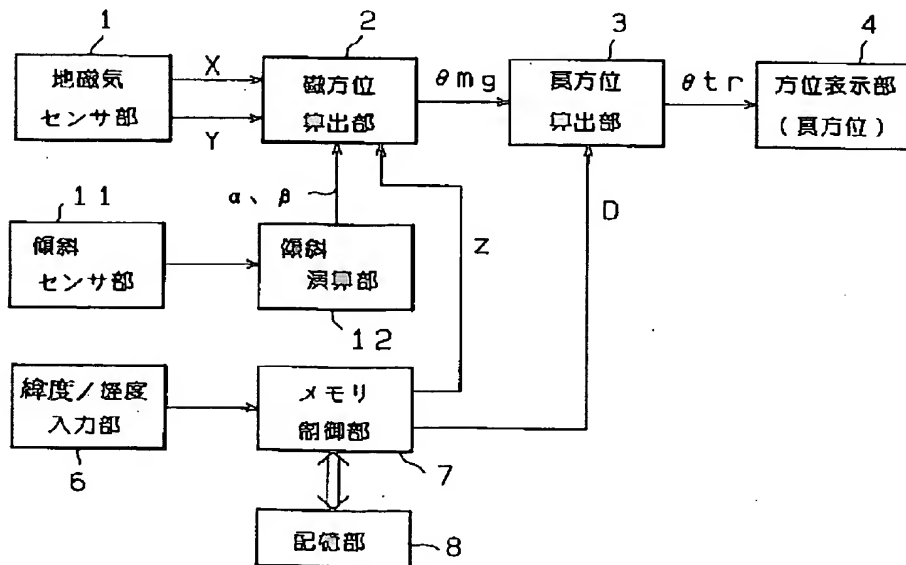
【図5】



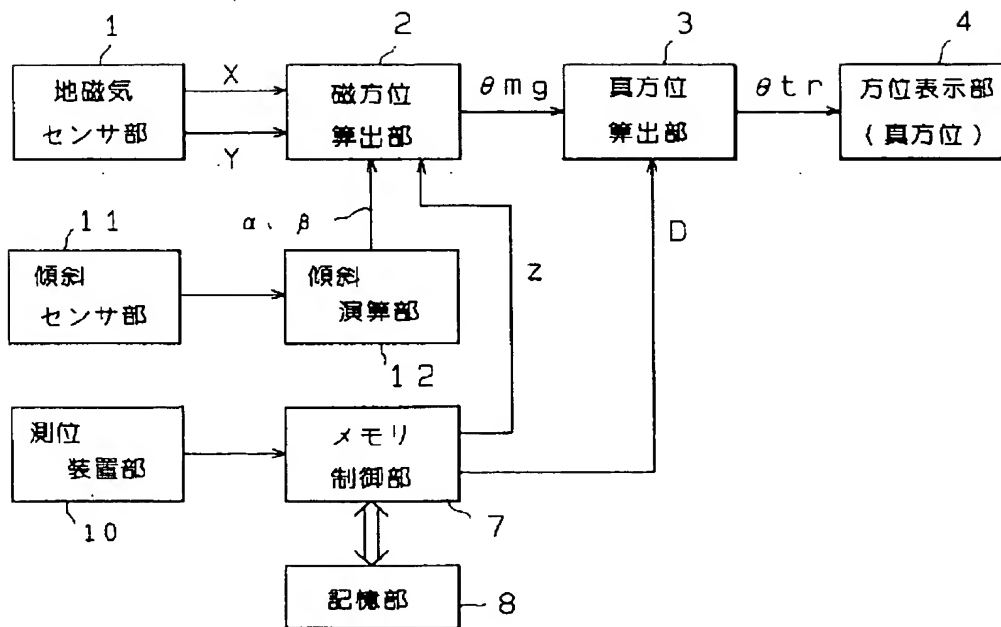
【図2】



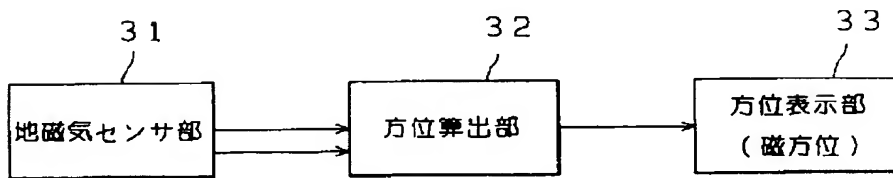
【図3】



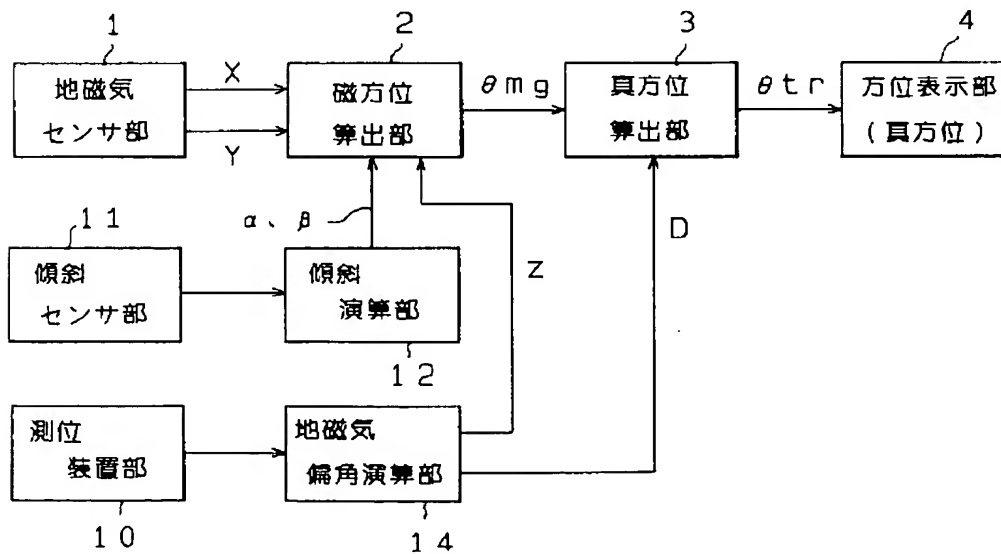
【図4】



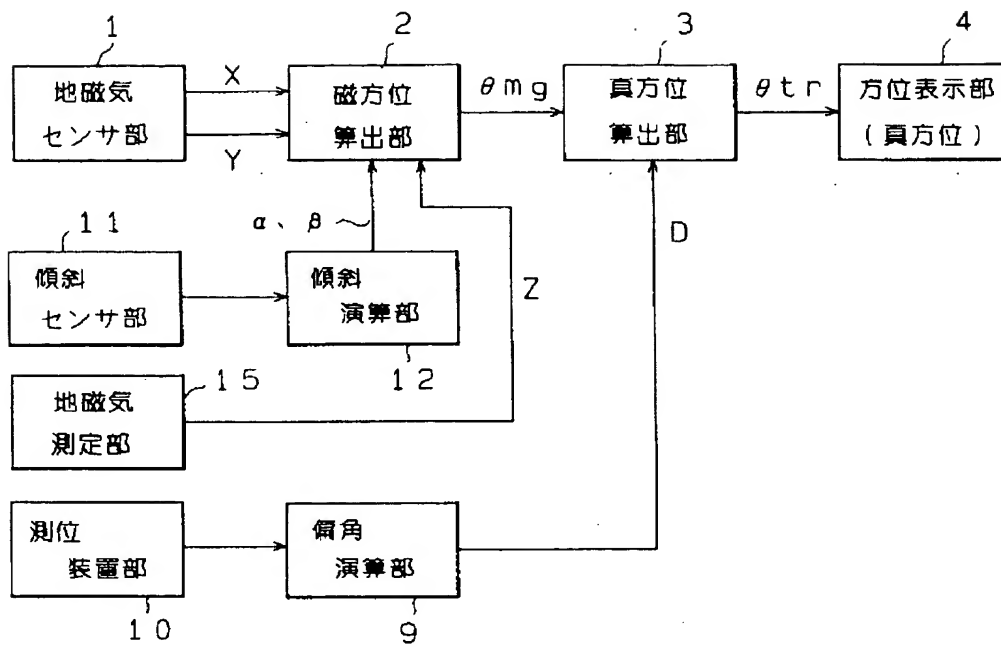
【図15】



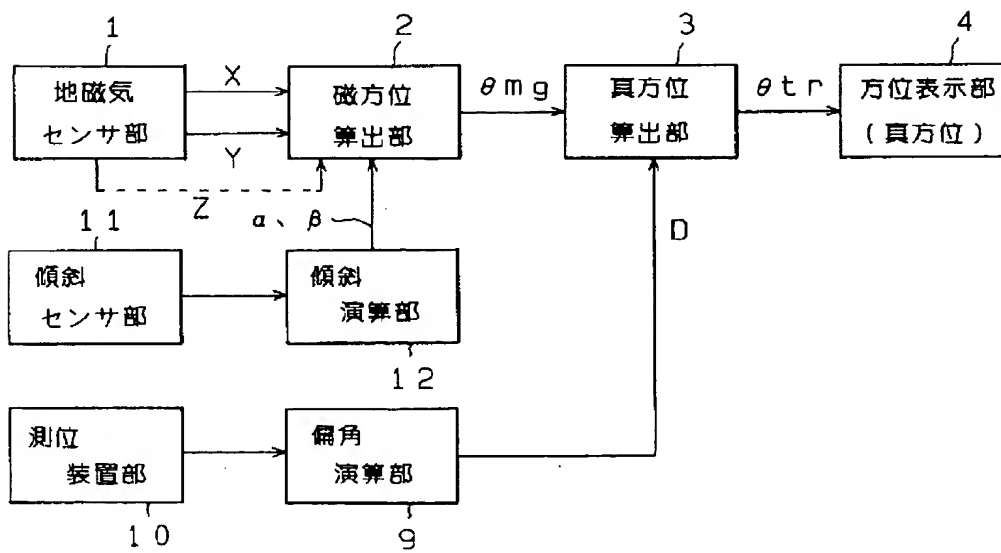
【図6】



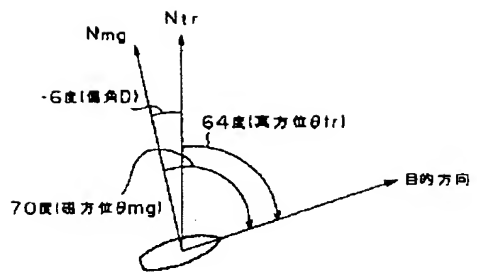
【図7】



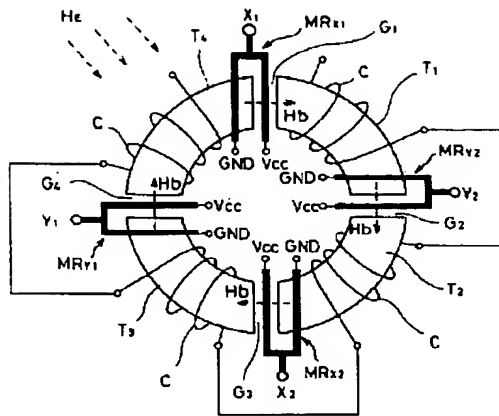
【図8】



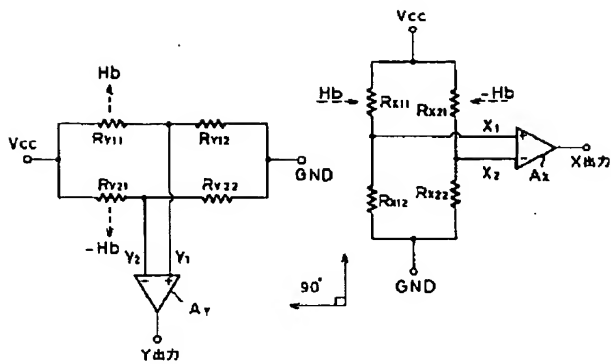
【図9】



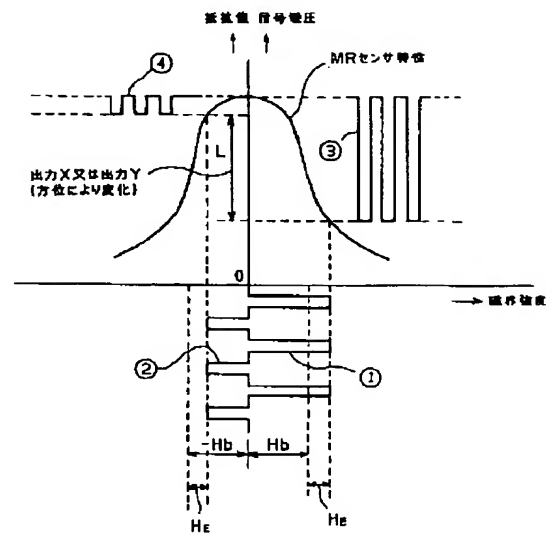
【図10】



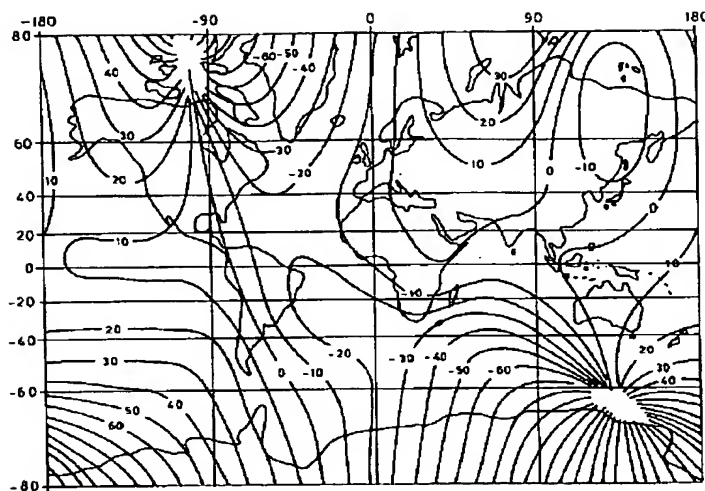
【図11】



【図12】



【図14】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 昭58-5610 (JP, A)
 特開 昭62-245111 (JP, A)
 実開 平5-66518 (JP, U)
 特公 平3-76685 (JP, B2)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)
 G01C 17/38